

Análisis descriptivo sobre el concepto combustión en libros de texto universitarios

Henry Giovany Cabrera Castillo

Área de Ciencias Naturales y Tecnología. Instituto de Educación y Pedagogía. Universidad del Valle. Cali. Colombia. avance19@gmail.com, henry.g.cabrera.c@correounivalle.edu.co

[Recibido en diciembre de 2011, aceptado en junio de 2012]

En este trabajo se hizo un análisis descriptivo sobre cómo están organizados los libros de texto universitarios; cómo presentan la relación entre los conceptos combustión, calcinación, corrosión, respiración, reducción y oxidación; la forma como se plantean las preguntas; el tipo de experimentación que proponen. Complementariamente, se determina si presentan aspectos históricos en el tratamiento de la combustión. El aspecto metodológico estuvo enmarcado en una selección de libros y la aplicación de un cuestionario que contenía una serie de preguntas que guiarían el análisis. Los resultados muestran la ausencia de aspectos históricos y la poca relación del concepto combustión con otros conceptos.

Palabras clave: Libros de texto universitarios. Combustión. Relación de conceptos. Aspectos históricos de la ciencia. Análisis de textos.

Descriptive analysis about the concept of combustion in university textbooks

In this paper was made a descriptive analysis of how the university textbooks are organized, how they present the relationship among the concepts combustion, calcination, corrosion, breathing, reduction and oxidation; the form like they think about the questions; the experimentation types that they propose; and eventually to determine if they present historical aspects on the combustion. The methodological aspect was framed in a selection of books and the application of a questionnaire that it contained a series of questions that would guide the analysis. The results show the tendencies of organization of the conceptual content, the little relationship of the concept combustion with other concepts and the absence of historical aspects of this concept.

Keywords: University textbooks. Combustion. Concepts relationship. Historical aspects of science. Text analysis.

Introducción

El concepto combustión ha sido objeto de estudio de varias investigaciones algunas con el propósito de conocer los modelos que los estudiantes utilizaban para dar sentido a la combustión (Prieto *et al.* 1992, 2002, Castillejo *et al.* 2005), otras para investigar cómo la combustión está relacionada con la reacción química (Meheut *et al.* 1985) y otras para reconocer la importancia que ha tenido la combustión en el desarrollo de la química (Izquierdo 1988, Cabrera Castillo 2010).

Retomando la última idea, es necesario resaltar que en la elaboración de este artículo se tomó como base la investigación elaborada por Cabrera Castillo (2010) quien, con el propósito de plantear elementos para la enseñanza de la combustión, se dio a la tarea de caracterizar los elementos históricos epistemológicos de Kuhn sobre el desarrollo de la ciencia (Paradigma—Ciencia Normal—Anomalías—Crisis—Ciencia Revolucionaria) y con estos abordar el desarrollo histórico epistemológico del concepto combustión para encontrar los hechos que marcaron la transición de la Teoría del flogisto a la Teoría de la oxigenación, logrando concluir que las ideas son constantemente mutables y que conceptos como la combustión, la respiración, la calcinación, la reducción, la corrosión y la transpiración estuvieron relacionados históricamente dentro de las explicaciones de Lavoisier y Stahl.

Todo este interés se debe a que el concepto combustión es uno de los más importantes, ya que forma parte de una las “grandes ideas de la química”, puede ayudar a evidenciar las transformaciones que le ocurren a la materia, a partir de él se puede establecer una relación

con lo que ahora se conoce como reacciones de óxido reducción y ofrece las bases teóricas para explicar porque ciertas reacciones ocurren o no ocurren, forma parte del corazón de la educación en química y de la conservación de las propiedades no observables y fue el epicentro que permitió el desarrollo de la Teoría del flogisto a la Teoría de la oxigenación. Además, porque es con este que la química moderna inicia su camino (Taber 2000, Garritz 1998, Caamaño 2003, Pozo *et al.* 1991, Cabrera Castillo 2010).

Con base en las evidencias anteriores se puede decir que este concepto debe ser abordado durante el proceso enseñanza – aprendizaje – evaluación de la química desde la secundaria y el bachillerato hasta los cursos de química general universitaria; y en este último proceso este concepto se adquiere a través de la formación educativa o curricular universitaria, las conferencias profesoras universitarias, en los laboratorios universitarios y los libros de texto universitarios reconocidos (Mortimer y Miranda 1995, Reyes y Garritz 2006, Izquierdo 1988, Estany 1990, Zambrano 2000, Blanco y Carrasquilla 2005, Cabrera Castillo 2010).

En el caso de los libros de textos universitarios se puede decir que se han convertido en el recurso más importante para reconocer cuál es exactamente el sentido del concepto aceptado por la comunidad científica, es decir, que se convierten en una autoridad ya que presentan los problemas, datos, teorías, leyes y conceptos que están imperando en el momento. Lo hacen con el propósito de persuadir y atraer a los estudiantes que apenas están adquiriendo conocimiento. Esto nos lleva a afirmar que los libros de texto constituyen uno de los recursos pedagógicos didácticos más importantes que existen actualmente y son parte de los recursos a los que acuden los estudiantes como objeto de estudio, material de consulta, como colección de ejercicios propuestos y problemas para resolver (Granés y Caicedo 1997)

Desde el punto de vista histórico los libros de texto son considerados como un elemento para la manipulación cultural y social de los individuos. En ellos se eligen unos contenidos frente a otros, tienen una estructuración específica, donde se jerarquizan conocimientos que apoyen las labores tanto de estudiantes como de docentes y que según el autor tienen fines diferentes de acuerdo a los pensamientos individuales de estos, que por lo general uniforman el discurso de la disciplina con base en las ideas dominantes para luego ser propagados a los lectores (González y Sierra, 2004).

Además, las aproximaciones históricas que realizan los textos sobre la construcción de los conceptos son por lo general muy pobres y descontextualizadas en lo que concierne al desarrollo cultural, político, religioso, histórico o social en el cual emergen las teorías o modelos. Así, la vinculación histórica es convertida en reseñas biográficas y relatos anecdóticos, que poco tienen que ver con los acontecimientos que se dieron para el establecimiento de los conceptos (Matthews 1994).

Por esto se hace necesario realizar estudios que resalten la historia de los conceptos químicos como una forma de motivar a los estudiantes para que comprendan con mayor facilidad como se han desarrollado y perfeccionado los conceptos químicos (en este caso la combustión), que dé cuenta de las revoluciones que se han dado dentro de los discursos de la disciplina y así demostrar que la ciencia no es estática sino que está sujeta a cambios que dependen de las necesidades del ser humano; es decir, exponer que el conocimiento científico puede ser transformado (Gómez 2009, Cabrera Castillo 2010).

Por eso se hace necesario constatar si: (i) los contenidos conceptuales en los libros de texto se presentan de forma lineal y acumulativa; (ii) los conceptos son presentados de manera aislada y no relacionada con otros; (iii) el uso de la historia solo se limita a un párrafo de la introducción, fragmentos de biografías, anécdotas y las obras originales de los creadores de las

grandes teorías sólo se mencionan ocasionalmente como referencias puntuales de “cultura general”.

Como resumen de las ideas expuestas anteriormente, se considera que es necesario realizar un análisis descriptivo sobre cómo los libros de texto universitarios presentan la organización del concepto combustión, conocer su relación con otros conceptos, la forma como se plantean las preguntas, el tipo de experimentación que proponen y determinar si presentan aspectos históricos de dicho concepto.

Metodología

Este trabajo consistió en un análisis documental bajo el enfoque metodológico cualitativo descriptivo de los libros de texto universitarios. Basado específicamente en los propósitos que se presentan a continuación:

1. Conocer la organización que tienen los libros de texto universitarios seleccionados.
2. Identificar la relación entre los conceptos combustión, calcinación, corrosión, respiración, reducción y oxidación en los libros de texto universitarios seleccionados.
3. Reconocer la forma cómo se plantean las preguntas en los libros de texto universitarios seleccionados.
4. Examinar el tipo de experimentación que se propone en los libros de texto universitarios en torno al concepto combustión.
5. Determinar cómo en los libros de texto universitarios se presentan los aspectos históricos del concepto combustión.
6. Averiguar de qué manera dentro de los libros de texto universitario se está haciendo referencia a las aportaciones de Stahl y Lavoisier.

Muestra y procedimiento

El análisis de los libros de texto universitarios se hizo en dos fases.

Fase 1: Selección de los libros de textos universitarios

Consistió en la selección de los libros, para lo cual se tuvo en cuenta criterios como la recurrencia a su uso por parte de los estudiantes y docentes en los cursos de química general; que, dentro de su contenido, un capítulo o un aparte presente la combustión; que el acceso a ellos sea oportuno y fácil y sobre todo que cada uno de ellos corresponda a una década dependiendo de la disponibilidad en la biblioteca donde se efectuó la búsqueda.

Fase 2: Elaboración y aplicación de un cuestionario

Siguiendo algunos de los apartados que menciona Cortés (2006) para realizar el estudio de un contenido en los libros de texto, se procedió a la elaboración de un cuestionario donde se formulan preguntas a partir de los propósitos mencionados anteriormente, por ejemplo: ¿Cómo están organizados los conceptos dentro de los libros de texto universitario? ¿Cómo se presentan y relacionan los conceptos de combustión, calcinación, corrosión, respiración, reducción y oxidación? ¿Qué tipo de preguntas se utilizan en los ejercicios? ¿Qué tipo de experimentación se lleva a cabo en torno al concepto combustión? ¿Presentan el desarrollo histórico del concepto combustión? Y ¿qué mención hacen de las ideas de Stahl y Lavoisier?

Esto sirvió como guía de análisis para la recolección de la información del concepto combustión en los libros de texto universitarios.

Por último, se muestran los resultados con su respectivo análisis y las consideraciones finales que surgen de este trabajo.

Resultados y análisis

Fase 1: Selección de los libros de textos universitarios

Se determinó que la búsqueda y selección de los libros de texto universitarios se llevaría a cabo en la Biblioteca Mario Carvajal de la Universidad del Valle, en la ciudad de Cali (Colombia). En ella se procedió a la consulta del catálogo en línea Opac y se encontró que había libros de Química desde 1943. Sin embargo, sólo estaban disponibles a partir de 1965 debido a que algunos estaban perdidos o descartados por su estado; por ello se determinó que la selección correspondería a analizar uno de cada década: 1960, 1970, 1980, 1990, 2000 y uno de 2011.

Los seis libros de texto universitarios fueron seleccionados a través de una revisión previa de aquellos que se encuentran en la biblioteca Mario Carvajal de la Universidad del Valle, en Cali, teniendo como premisa que éstos son usados tanto por los docentes de química en la elaboración de sus programas de química como por los estudiantes para consulta.

A cada libro de texto universitario se le denominó Libro acompañado por un número del 1 al 6, asignándole al libro más antiguo el número 1 y al más reciente el número 6. En tal sentido, éstos quedaron de la siguiente manera (se indica década y libro): 1960–Libro 1, 1970–Libro 2, 1980–Libro 3, 1990–Libro 4, 2000–Libro 5 y el del 2011, el Libro 6. Los datos de los libros de texto universitarios seleccionados se muestran en el Anexo 1.

Fase 2: Elaboración y aplicación de un cuestionario

¿Cómo están organizados los contenidos conceptuales dentro de los libros de texto universitarios?

De acuerdo a lo que se presenta en la obra, el Libro 1 presenta la siguiente organización.

La primera parte se dedica a establecer las leyes de la química y sigue un orden de complejidad creciente partiendo del átomo aislado; se estudian la naturaleza del enlace químico y los estados de la materia para concluir con la cinética y el equilibrio químico.

Igualmente en el primer capítulo se ofrece cantidad suficiente de material descriptivo sobre el agua, el hidrógeno y el oxígeno a fin de establecer bases que permitan exponer un modelo atómico de la materia.

La segunda parte aplica las leyes a los elementos químicos y sus compuestos; se estudian nuevamente el agua, el hidrógeno y el oxígeno, pero ya sobre el andamiaje construido en la primera parte y se procede de igual manera con los restantes elementos, que se exponen por grupos. Además se incluyen dos capítulos sobre la química orgánica, la estructura nuclear y la radiactividad.

Finalmente, en el libro se desarrollan extensamente temas como estequiometría, hidrólisis y oxidación–reducción.

El Libro 2 ofrece una descripción de los pasos que siguen normalmente los científicos y se explican las teorías utilizando el trabajo de laboratorio como base para su desarrollo.

Por eso, los siete primeros capítulos ofrecen una base para el curso: en el primero se exponen los elementos del quehacer científico; a continuación se desarrolla la teoría atómica, se expone la naturaleza de la materia en sus tres estados, se trata la periodicidad química y se estudia el concepto de mol. Después se dedican ocho capítulos a extraer principios químicos importantes de las experiencias de laboratorio pertinentes como son: energía, velocidad y

equilibrio, los sistemas ácido–base, sistemas de oxidación–reducción y el enlace químico en gases, líquidos y sólidos.

El libro termina con cuatro capítulos de química puramente descriptiva (química de los compuestos del carbono, halógenos, primera serie de elementos de transición, radiactividad y cambio nuclear) en los que se ve una y otra vez la importancia y aplicabilidad de los principios desarrollados anteriormente.

En el Libro 3 la organización del contenido es similar a lo que se encontró en el Libro 1 de los mismos autores. No hay una diferencia notoria, se continua con la exposición de las leyes fundamentales en la primera parte y en la segunda se dedican a aplicar dichas leyes a los elementos y compuestos químicos.

La única diferencia que se puede hacer es que en el Libro 1 presentaba los capítulos dedicados a cinética química, equilibrio químico y electroquímica en ese orden, mientras que en el Libro 3 se presentan así: electroquímica, cinética química y equilibrio químico. En el Libro 1 los capítulos los estados líquido y sólido, el cambio de estado, hidrógeno, oxígeno y agua eran independientes, mientras que en el Libro 3 están agrupados así: en el capítulo 7 incluye el tratamiento del estado líquido, el sólido y el cambio de estado, y en el capítulo 14 se colocan hidrógeno, oxígeno y agua.

En el Libro 4 se destacan los siguientes propósitos:

1. Equilibrar la teoría y las aplicaciones, con la incorporación de ejemplos reales.
2. Relacionar los temas, aparentemente diversos, que conforman la química general.
3. Desarrollar en los estudiantes su capacidad en la resolución de problemas y un pensamiento crítico.
4. Aumentar la conciencia de los estudiantes sobre el importante papel que tiene la química en la vida contemporánea y estimular su curiosidad sobre la “ciencia central”.

Sin embargo, a medida que se van abordando cada uno de los capítulos que contiene el libro se puede apreciar que en cuanto al segundo propósito, lo que el autor plantea como “relación” de contenido consiste en justificar el estudio de los gases antes del de la termodinámica porque ello facilita la comprensión de los procesos termodinámicos que involucran a los gases. De igual manera introduce estequiometría y los distintos tipos de reacciones en los primeros capítulos, porque el vocabulario beneficia a los estudiantes que asisten al laboratorio de química al mismo tiempo.

Se hace la recomendación de que los docentes acudan al libro sin omitir ninguno de los capítulos ya que, en caso contrario, los estudiantes no aprecian la “relación” entre el comportamiento de las sustancias específicas y los principios de la química general. Pero no se ve que exista una relación entre los conceptos, lo único que hace es presentar algunos capítulos previamente porque supuestamente facilitarían la comprensión de los que siguen y por eso es conveniente que se siga el orden sugerido.

En términos generales, el texto se inicia con una mirada científica al mundo macroscópico y continúa con un examen del mundo microscópico de los átomos y moléculas. Al igual que los otros libros analizados, el autor asegura que el texto incluye una apreciable cantidad de química descriptiva dentro de los capítulos.

En el Libro 5 se afirma que contiene los conceptos que pueden contribuir a abrir caminos para tratar aquellos temas que necesitan un conocimiento de la química, sin ser agobiantes.

Consideremos algunos de los conceptos o, como los autores llaman, “grandes ideas” incluidos en el texto:

- a) Las atracciones entre centros positivos y negativos mantienen unida la materia y son responsables de las reacciones químicas.
- b) Las propiedades de los elementos se repiten periódicamente al aumentar el número atómico de sus átomos.
- c) La corriente eléctrica puede producir reacciones químicas de oxidación – reducción. Las reacciones químicas de oxidación – reducción pueden producir una corriente eléctrica.
- d) La velocidad de una reacción química depende de la concentración de las especies y de la temperatura del sistema.

Como se puede apreciar, los autores incluyen como una “gran idea” los conceptos de oxidación–reducción, por lo tanto se puede decir que estos conceptos son fundamentales a la hora de adquirir conocimiento químico.

Por otra parte los autores suponen que los estudiantes que llegan a un curso de química general en la universidad han estudiado química previamente en el bachillerato, por lo tanto han visto una gran cantidad de nomenclatura, de métodos, cálculos aritméticos y algebraicos que forman parte del estudio de la química. Tienen en cuenta estos conocimientos previos para entrar rápidamente en el estudio de las propiedades del agua, basándose en una cierta familiaridad con las propiedades de los átomos y las moléculas, y presentan simplemente un resumen de los conceptos necesarios, que emplean para intentar contestar las preguntas basadas en los estudios iniciales del agua.

Por su parte, en el Libro 6 la organización es la que sigue.

Se inicia con una revisión breve de los conceptos básicos; luego los autores introducen la teoría atómica y la tabla periódica; posteriormente presentan los compuestos químicos tanto orgánicos como inorgánicos y su estequiometría y prosiguen con las reacciones químicas, el estudio de los gases, la termodinámica, los electrones en los átomos, la tabla periódica y algunas propiedades atómicas, el enlace químico, las fuerzas intermoleculares (específicamente en líquidos y sólidos), las disoluciones y sus propiedades físicas, la cinética química, los principios del equilibrio químico, el estudio de ácidos y bases, la solubilidad, el equilibrio de iones complejos, la espontaneidad de las reacciones químicas (en este caso se profundiza en los conceptos de entropía y energía de Gibbs) y la electroquímica.

Al igual que el libro 2, el 6 incluye aspectos de química descriptiva que se reflejan en los capítulos titulados elementos de los grupos principales (1, 2, 13, 14, 15, 16, 17, 18 y el hidrógeno), elementos de transición e iones complejos y compuestos de coordinación.

Finalmente, se establecen las bases de la química nuclear, la estructura de los compuestos orgánicos y sus reacciones y la química de los seres vivos.

¿Cómo se presentan y relacionan los conceptos combustión, calcinación, corrosión, respiración, reducción y oxidación?

En el Libro 1 se hace una presentación extensa del tema oxidación–reducción porque según los autores ese tema es reconocidamente difícil. Examinemos ahora cómo abordan cada uno de los conceptos que forman parte de este trabajo de investigación.

El concepto calcinación no aparece definido ni mencionado en el texto.

En cuanto a los conceptos de combustión, corrosión y respiración se puede apreciar que los relacionan asumiendo que estos procesos son explicados debido a la abundancia de oxígeno en la atmósfera y su capacidad para combinarse con otros elementos.

Consideran que en la combustión el oxígeno reacciona con otras sustancias, liberando luz y calor. Los combustibles más frecuentes (hulla, petróleo y leña) son hidrocarburos o derivados de ellos. Cuando arden, el oxígeno del aire se combina con el hidrógeno y el carbono de los hidrocarburos para formar agua y dióxido de carbono.

En el caso de la corrosión dicen que la forma más importante de este proceso es la herrumbre que aparece en el hierro, que se da debido a que el oxígeno del aire ataca al metal en presencia de agua, dando lugar a un óxido de hierro complejo.

Durante la respiración, el organismo vivo toma oxígeno del aire con el fin de utilizarlo en ciertas reacciones químicas con los alimentos y producir así el calor que el ser vivo precisa para sus procesos vitales. En muchos aspectos la utilización del alimento es análoga a una combustión (puesto que entre sus productos finales están el agua y el dióxido de carbono), pero su complejidad es mayor, ya que se produce lentamente y a temperaturas mucho más bajas que las combustiones corrientes.

El concepto oxidación se aplica a toda transformación química en la que aumente el número de oxidación. Se define este número como la carga eléctrica que parece poseer un átomo cuando se cuentan los electrones atendiendo a ciertas reglas un tanto arbitrarias.

El concepto reducción se aplica, en cambio, a toda disminución del número de oxidación. Además, de la observación del contenido del libro se puede decir que primero se encuentran los conceptos de oxidación y reducción y dentro de ellos se ubican los de combustión, corrosión y respiración, mientras que la calcinación no es mencionada en ninguna parte del libro.

En el Libro 2 se puede percibir lo siguiente:

Dentro del contenido de este libro los conceptos calcinación, combustión, y respiración no aparecen explícitamente.

En cuanto al concepto corrosión aparece lo siguiente: “todo el mundo sabe que si se deja un objeto de hierro expuesto a la intemperie se oxida”. Con la anterior se está diciendo que en este proceso intervienen el agua y el oxígeno, que los ácidos aceleran la reacción y que los iones ferrosos son oxidados por el oxígeno del aire, en presencia de agua, formando óxido.

Por su parte el concepto oxidación es considerado como la pérdida de electrones, mientras que la reducción corresponde a una ganancia de electrones. Con esto se plantea que la oxidación y la reducción siempre deben producirse simultáneamente. Para ejemplificarlas se proponen reacciones químicas como:

1. La leña que arde en una hoguera.
2. La reacción de la gasolina con oxígeno en el motor de un automóvil.
3. La corrosión de los metales.

Con el primer y segundo ejemplo se puede percibir que implícitamente están haciendo referencia a la combustión, pero como se dijo anteriormente no hay una explicación de este concepto.

Como se puede observar en este libro la relación existente entre los conceptos combustión, calcinación, corrosión, oxidación, reducción y respiración no es muy clara y el texto tiene tendencia a mostrarlos de forma desligada, ubicando en primer lugar a la oxidación y la

reducción. La combustión (la cual no se menciona) y la corrosión son consideradas ejemplos de oxidación y la respiración no la incluyen.

Existe en el libro una fábula bajo el título “El niño perdido hace una hoguera”:

Una vez un niño se perdió en el campo. Como hacia frío fue a buscar objetos para hacer fuego. El niño descubrió que algunas cosas de las que escogió para hacer su hoguera ardían y otras no. Para evitar recoger cosas que no ardían, hizo una lista.

Cosas que arden	Cosas que no arden
Ramas de árbol.	Rocas
Palos de escobas	Canicas
Lápices	Pisapapeles
Patas de sillas	

Esta lista fue muy útil, pero pronto empezaron a escasear las ramas, los palos de escobas y los lápices. El niño se preguntó qué propiedades comunes tenían los objetos que ardían para así buscar nuevas cosas que pudiesen arder. Encontró una regla general, una forma de resumir la información de su lista: los objetos cilíndricos arden.

Al día siguiente el niño fue a buscar más material para su hoguera, pero olvidó llevar su lista. De todas formas él recordaba la regla que había deducido y llevó a su campamento una rama, un bastón y tres bates de béisbol (¡afortunada predicción!). Más aún, recordaba satisfecho cómo no se molestó en recoger un radiador de coche, una cadena y una puerta grande. No había ningún motivo para suponer que tales objetos ardiesen, puesto que no eran cilíndricos.

El niño empezó a confiar en su generalización. Al día siguiente volvió a usar la regla; volvió con tres trozos de tubería, dos botellas de refrescos y el eje de un coche viejo. ¡No se molestó en llevar consigo una gran caja cuadrada de cartón llena de periódicos!

En la fría noche siguiente, el niño sacó estas conclusiones.

1. La forma cilíndrica de un objeto puede que no esté relacionada con su combustibilidad.
2. A pesar de que la regla de los cilindros no es útil, las ramas, los mangos de escobas, los lápices y los demás objetos de la lista, arden.

Pensando en todas las cosas que había recogido, el niño sacó una nueva regla: Los objetos de madera arden.

La fábula anterior está desaprovechada completamente. No estimula la reflexión de los estudiantes, pues tiene el aspecto de una historieta usada para llenar un espacio. Lo único que comentan los autores es un párrafo donde se dice que:

“¿Hasta qué punto es buena esta regla a la luz de la anterior decepción? De acuerdo con las predicciones de la nueva regla, el niño volvió a buscar la puerta que había dejado de lado dos días antes; la misma regla le hizo dejar la cadena, el radiador de coche y ¡la caja de cartón llena de periódicos!

No se crea que esta fábula sea un juego de niños; ella ilustra, con un caso muy simple, lo que hace realmente el científico. El científico sólo hace experimentos para probar sus deducciones”

Como se puede observar lo único que importa a los autores es mostrar a los científicos como el referente que deben tener los estudiantes, es decir, que las actividades que realizan los estudiantes de química deben estar encaminadas hacia la fortaleza de la parte experimental. Por consiguiente, desaprovechan la situación que están planteando, es decir, que esta fábula se podría usar de una forma más apropiada, por ejemplo convocando al estudiante a realizar lo mismo y que sean ellos los que determinen las reglas.

En el Libro 3 los conceptos calcinación y respiración no aparecen. En el caso de la combustión, la definen como aquella reacción donde los hidrocarburos se queman en el aire y producen CO y CO₂ dependiendo del suministro de oxígeno. Además, formulan una ecuación química: $C_2H_4 + 3O_2 \rightarrow 2CO_2 + 2H_2O$.

El concepto corrosión es un término genérico que se aplica al proceso mediante el cual los metales sin combinar se transforman en compuestos. En el caso especial del hierro, el proceso de corrosión se denomina enmohecimiento; este proceso no ocurre en el aire seco o en el agua que esté completamente libre de aire y, en consecuencia, parece que son necesarios el oxígeno y el agua para la formación de la herrumbre.

En cuanto a los conceptos oxidación y reducción, los autores dicen que estas reacciones también son conocidas como reacciones redox y las incluyen dentro del capítulo de reacciones químicas.

Además los autores dicen que originalmente el término “oxidación” se utilizó para describir la adición de oxígeno a un elemento o a un compuesto, y el término “reducción” fue utilizado para designar a la eliminación de oxígeno de un compuesto; después, conforme el proceso se fue conociendo en forma más completa, el significado de los términos se amplió. Las reacciones de oxidación–reducción se definen ahora como reacciones en las cuales existe transferencia de un electrón de un átomo a otro. La pérdida de electrones se describe como oxidación, la ganancia de electrones se denomina reducción.

Como se ha visto hasta el momento en este libro tampoco se hace referencia a la relación que puede existir en los conceptos calcinación, corrosión, combustión, respiración, oxidación y reducción y esto puede causar en el estudiante una fragmentación del conocimiento.

En el Libro 4 los conceptos oxidación y reducción se incluyen, al igual que los otros autores examinados, dentro de las reacciones químicas bajo el nombre de reacción de oxidación, definida como una semirreacción que implica pérdida de electrones, y reacción de reducción, definida como una semirreacción que implica ganancia de electrones.

Un aspecto importante que cabe rescatar es que el autor afirma que las reacciones redox (así también son llamadas las reacciones de oxidación y reducción) abarcan desde la combustión de hidrocarburos fósiles hasta la acción de los blanqueadores de ropa domésticos; asimismo, la mayoría de los elementos metálicos y no metálicos se obtienen de sus minerales por procesos de oxidación y reducción.

Y para recordar el término redox el autor recomienda un ejercicio mnemotécnico útil que es el uso del término OEPRÉG: la **OXIDACIÓN ES PÉRDIDA** (de electrones) y la **REDUCCIÓN ES GANANCIA** (de electrones). El cual no parece un término muy acertado para realizar ese tipo de ejercicios y sobre todo porque no facilita el registro, la retención y recuperación de la información estructurada y almacenada en la memoria, lo cual es clave en la mnemotecnica (Montealegre 2003).

En cuanto a los conceptos respiración y calcinación no aparecen en el texto y en el caso del concepto combustión, al igual que los anteriores, no es ni explicado ni definido. Únicamente aparece una relación cuando plantea:

a) Ejemplos sobre algunas reacciones redox de combinación: Gas hidrógeno quemándose en aire para formar agua, azufre quemándose en aire para formar dióxido de azufre y magnesio quemándose en aire para formar óxido de magnesio y nitrato de magnesio. Como se nota en cada uno de los ejemplos no se escribe en ningún momento la palabra combustión y se asume que el estudiante está capacitado para relacionar la palabra quemar con el concepto combustión al que se refieren.

b) Otra cita es un ejercicio: “El pentaborano-9, B_5H_9 , es un líquido incoloro, altamente reactivo, que se inflama o incluso estalla cuando se expone al oxígeno. La reacción es: $2B_5H_9(l) + 12O_2(s) \rightarrow 5B_2H_3(s) + 9H_2O(l)$. Calcule los kilojoules de calor que se liberan por gramo del compuesto que reacciona con oxígeno. La entalpía estándar de formación del B_5H_9 es 73.2 kJ/mol.”

Por una parte, el concepto corrosión lo definen los autores como el deterioro de los metales por un proceso electroquímico. El texto presenta algunos de los fenómenos fundamentales que suceden en dicho proceso y señala que para que este proceso suceda debe estar presente el oxígeno y el agua. Por otra parte, presenta también los métodos que se utilizan para proteger a los metales.

Para finalizar se puede decir que aunque el autor asegura que dentro del libro va a presentar una relación conceptual de los temas, en el caso de los conceptos que se están analizando no se percibe claramente dicho propósito. Además, la calcinación y la respiración no aparecen en ningún momento, la combustión debe ser inferida por los estudiantes y oxidación, reducción y corrosión se mencionan pero terminan siendo presentados de la forma tradicional (como ejemplo se puede citar el ejercicio mnemotécnico). Es decir, simplemente se introduce un elemento descriptivo y se completa lo demás con ecuaciones de dichas reacciones.

En el Libro 5 los conceptos corrosión y calcinación no aparecen, en cuanto que el concepto combustión se expone como el proceso de oxidación de combustible por parte del oxígeno molecular que aporta la mayor parte de la energía que soporta la economía mundial.

Al igual que todos los otros libros se incluyen dentro del capítulo de reacciones químicas los conceptos de oxidación y reducción y el conjunto de estas reacciones (también llamadas reacciones redox) son definidas como la transferencia de electrones de uno de los reactivos al otro.

Por otra parte, los autores dicen que todos los organismos pluricelulares y muchos de los unicelulares también dependen de la energía procedente de la oxidación de moléculas biológicas de combustible por acción del oxígeno molecular. En las células vivas, los procesos redox se producen de forma lenta y en muchos pasos y no generan las grandes cantidades de luz y calor que se obtiene cuando se quema el mismo combustible. En el caso del concepto respiración, lo catalogan como el proceso de oxidación biológica de las moléculas combustibles.

Un aspecto destacable es que es el único libro que incluye el concepto de respiración y lo asocia con la oxidación, lógicamente biológica.

Finalmente, en el Libro 6 el concepto calcinación es identificado con la descomposición térmica de la caliza y la representan por la ecuación



Por último, la corrosión es entendida como el tipo de reacciones no deseadas que sufren las celdas voltaicas (baterías) y los autores dedican un subcapítulo a los principios electroquímicos de la corrosión y después analizan cómo pueden aplicarse los principios electroquímicos para controlarla.

El caso de la respiración no se menciona.

La combustión es definida como la reacción en que se queman compuestos que contienen carbono e hidrógeno con oxígeno, nitrógeno y algunos otros elementos y se producen dióxido de carbono gaseoso y agua. Si el compuesto contiene además azufre, también se produce dióxido de azufre.

La oxidación es la reacción en la que una sustancia gana átomos de oxígeno y en el caso de la reducción es la reacción en la que una sustancia pierde átomos de oxígeno.

Por todo lo expuesto anteriormente, el concepto combustión aparece solamente en tres textos, el de corrosión es mencionado en cuatro textos, el de calcinación no es citado en ninguno de los textos, el de respiración es indicado en dos textos, el de reducción como eliminación de oxígeno solo es señalado en un texto, mientras, que el concepto reducción como ganancia de electrones es destacado en cinco textos; por su parte, el de oxidación como adición de oxígeno solo es referido en un texto, mientras que el de oxidación como pérdida de electrones es aludido en cinco textos. Finalmente, la relación entre combustión, corrosión, calcinación, respiración y reducción no aparece en ninguno de los textos.

¿Qué tipo de preguntas se utilizan en los ejercicios?

En el Libro 1 miremos tres ejemplos:

1. ¿Cuánto calor hace falta para calentar 934 g de agua de 9 °C a 21 °C?
2. Explíquese el carácter de oxidación–reducción de las reacciones siguientes, indicando la sustancia oxidada y la reducida, así como el agente reductor y el oxidante: $2\text{Ca} + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{CaO}$.
3. Muéstrese cómo el mecanismo propuesto en este capítulo explica los siguientes hechos: a) que H^+ funciona como un verdadero catalizador; b) que la corrosión de las tuberías de acero se acelera adosándolas a otras de cobre; c) que los remaches se suelen recubrir con pintura.

Según los anteriores ejemplos redactados, se puede observar que los problemas exigen el previo entendimiento de la teoría para resolverlos. En el texto aparecen numerosos problemas aclaratorios con soluciones detalladas y al final de cada capítulo hay una amplia selección de cuestiones a resolver ordenadas según su creciente dificultad.

Esto es justificado por los autores diciendo que este tipo de ejercicios “es el mejor camino para vencer las dificultades planteadas por la formación previa, cada vez más dispar, de los estudiantes”.

En el Libro 2, los ejercicios propuestos aparecen al finalizar cada capítulo. Posiblemente hacen esto como una estrategia para que los estudiantes recapitulen y se ejerciten en la resolución de problemas.

La tendencia es la normal; es decir, se proponen preguntas donde se apliquen las ecuaciones y las definiciones vistas dentro del capítulo correspondiente. Por ejemplo:

1. ¿Qué sucedería si se emplea una cuchara de aluminio para agitar una solución de $\text{Fe}(\text{NO}_3)_2$? ¿Y si se agita una solución de AlCl_3 con una cuchara de hierro?
2. Determinése el número de oxidación del uranio en cada uno de estos compuestos: UO_3 , U_3O_8 , U_2O_5 , UO_2 , UO , K_2UO_4 , MgU_2O_7 .

Con este tipo de preguntas no existe el propósito de generar en el estudiante una capacidad de reflexión crítica ni de que se le posibilite observar las cosas de otra manera, sino que se busca que el estudiante se vuelva competente en la resolución mecánica de ejercicios.

En el Libro 3 las preguntas continúan siendo del mismo tipo que en los demás libros; es decir, se proponen ejercicios donde con la intención que los estudiantes los resuelvan mediante el uso de ecuaciones; p. e. “Al calentar 4.90 g de KClO_3 se manifiesta una pérdida de peso de 0.348 g. ¿Qué porcentaje del KClO_3 original se ha descompuesto?”.

En el Libro 4, como se vio anteriormente, entre los propósitos planteados aparece: “Desarrollar en los estudiantes su capacidad en la resolución de problemas y un pensamiento crítico”. Por ello se esperaría que los problemas fueran diferentes a los que se ha venido

observando hasta ahora, ya que se busca desarrollar el pensamiento crítico de los estudiantes. Sin embargo, se constata que los ejercicios de práctica que siguen a cada uno de los ejemplos resueltos son semejantes a lo que se ha observado en los otros libros anteriores, por ejemplo: “Identifique el siguiente tipo de reacción redox: $\text{Fe} + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{FeSO}_4 + \text{H}_2$ ”. Con este tipo de ejercicio sólo se consigue que el estudiante mecanice el reconocimiento de cada uno de los tipos de reacciones redox. Ahora es necesario preguntar si será con este tipo de ejercicio que se logre el pensamiento crítico. Al igual que en los otros libros, se proponen muchos problemas al finalizar el capítulo.

Dice el autor que en el libro se plantean aproximadamente 2600 preguntas de repaso y problemas, agrupados por temas, que proporcionan una práctica adicional y la oportunidad de hacer una revisión de los problemas del texto. Las preguntas de repaso manejan conceptos explicados en el capítulo, es decir, el “por qué” de la química. Los problemas enfatizan el “cómo” *cuantitativo y experimental* de la química. Prueban la capacidad de aplicar la lógica conceptual y la *realización de cálculos específicos*. Los problemas adicionales son de toda clase e incluyen ejercicios con *mayores retos y muchos conceptos*, los cuales hacen que los estudiantes adquieran práctica en la identificación de distintos tipos de problemas así como en la *aplicación de los conceptos y técnicas* que se necesitan para resolverlos.

En el párrafo anterior se pueden ver algunas palabras destacadas en cursiva. Se ha hecho así con el fin de resaltar la contradicción en la que cae Chang (autor del Libro 4) cuando afirma que con los ejercicios se permite el desarrollo del pensamiento crítico. Como se puede apreciar, en realidad lo que consigue es que los estudiantes se vuelvan ágiles y mecánicos en la realización de problemas.

En la presentación del libro el autor considera contemporáneo y dignos de reflexión ciertos temas que ilustra con aplicaciones industriales, biológicas y médicas, química descriptiva y situaciones cotidianas en algunos ejercicios- Por ejemplo:

- a) En un problema se pide calcular el tamaño del asteroide que, se cree, causó la extinción de los dinosaurios.
- b) En otro se pide a los estudiantes calcular el número de moléculas que se inhalan en cada respiración de las que fueron exhaladas por Mozart durante toda su vida.
- c) Otro analiza el mecanismo enzimático del metabolismo del etanol.
- d) Y en otro se plantea el problema de los tipos de baterías utilizadas en automóviles de carreras.

Preguntémonos si será que por el hecho de mencionar palabras como asteroide, etanol, automóvil, dinosaurios, Mozart y baterías estos ejercicios se conviertan en contemporáneos y cotidianos. Sinceramente, no se sabe hasta qué punto es esto correcto; pero lo que sí es claro es que no se pierde la intención de que el estudiante se automatice en la resolución de problemas.

En el Libro 5, a lo largo del libro se presentan actividades y preguntas que intentan hacer pensar y participar a los estudiantes, ya sea en trabajos en pequeños grupos o con toda la clase. Para ello, dentro de cada capítulo, aparecerán varias veces cuatro tipos de apartados:

1. Investiga.
2. Considera.
3. Ejercicio resuelto.
4. Comprueba.

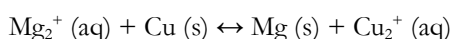
El ejercicio resuelto es una especie de guía necesaria para resolver un problema. Comprueba presenta uno o varios problemas similares para que el estudiante practique la estrategia que se presentaba en el ejercicio resuelto o pide que practique una técnica que se acaba de explicar en el texto. Veamos un ejemplo:

Ejercicio resuelto

Ajustar la ecuación química para la reacción entre el cobre metálico, Cu (s), y el ion plata en disolución, Ag⁺ (aq)

Comprueba

Ajustar la siguiente reacción de oxidación – reducción. Esta reacción se describe como reversible, aunque no hay ninguna evidencia de la dirección más favorecida.



Al final de cada capítulo aparecen unos problemas que servirán para probar la destreza del alumno y son similares a los utilizados en el apartado Comprueba.

Finalmente, en el Libro 6 se hace hincapié en el aspecto pedagógico mediante el procedimiento lógico en la resolución de problemas, el cual dividen en planteamiento, resolución y conclusiones.

Igualmente, se utilizan ejemplos de recapitulación, ejercicios prácticos y ejercicios al final de cada capítulo, además de resolver numerosos problemas paso a paso.

Los ejercicios se ubican al final de cada capítulo, y están divididos en cuatro bloques:

1. Los agrupan por categorías relacionadas con las secciones del texto y se presentan por parejas.
2. Los ejercicios avanzados y de recapitulación tienden a integrar materia de varias secciones o capítulos e introducen nuevas ideas, algunas más allá de lo que se hecho en el texto.
3. Los problemas de seminario requieren un nivel alto de conocimientos por parte de los estudiantes. Algunos tratan sobre experimentos clásicos o interpretación de datos o gráficos y se pueden utilizar para la discusión en clase, el trabajo individual o grupal.
4. Los ejercicios de autoevaluación son diseñados para ayudar a los estudiantes a revisar y preparar algunos tipos de preguntas que suelen aparecer en los exámenes.

¿Qué tipo de experimentación se lleva a cabo en torno al concepto combustión?

En el Libro 1 no existe claramente un tipo de experimentación en torno al concepto combustión. El libro se queda solamente en la parte teórica descriptiva y lo único que se podría aproximar a la parte práctica es lo siguiente:

1. ¿Cómo se demostraría experimentalmente que los gases difieren de los otros estados por no poseer constancia en la forma ni en el volumen? Concrétese con un ejemplo.
2. Idéese un experimento para calcular el número de calorías liberadas al arder una cerilla. Señálense las cantidades medidas y el método seguido en el cálculo.

En el Libro 2 los autores afirman que el hecho de inferir los principios generales a partir de observaciones que se obtienen en el laboratorio proporciona una idea bastante real de la forma en que se producen los avances científicos. Ello permite introducirse en el quehacer científico y hacerse científico. Además, se estará en condiciones de participar de la afición por la ciencia y de sentir el placer que produce el descubrimiento científico.

Lo que dicen los autores es importante. Remiten al lector al capítulo 8 y 9 del mismo Libro 2 donde supuestamente se presentan los hechos experimentales que condujeron a los científicos

a postular diferentes modelos para el átomo. Pero cuando se abordan dichos capítulos lo que se encuentra es simplemente la descripción de los experimentos que hicieron personajes como Thomson, Rutherford y Bohr y se incluyen toda serie de ecuaciones que tienden a confundir a los lectores.

En las demás páginas del libro no se hace referencia a ningún tipo de experimento, sino que remite al lector a que lea el Manual de laboratorio. Desafortunadamente para los propósitos de este trabajo no se pudo conseguir dicho manual.

En el Libro 3 no existe experimentación de ningún tipo dentro del libro.

En el Libro 4 dice que se pretende “Aumentar la conciencia de los estudiantes sobre el importante papel que tiene la química en la vida contemporánea y estimular su curiosidad sobre la ‘ciencia central’”; pero dentro del libro no se encuentra ningún tipo de experimentación acerca de la combustión ni de ningún otro tipo de concepto parecido. Con esto se confirma lo que dice Marín (2008): generalmente en la enseñanza de la química “se da un único valor educativo a la teoría, la cual es expuesta por el profesor, la dicta mediante la ‘lección magistral’, y la práctica experimental es ausente”. Como se señaló anteriormente, la parte experimental debe ser un curso paralelo al cual debe estar asistiendo el estudiante para que “compruebe” lo que está viendo teóricamente.

En el Libro 5 los autores dicen que no se puede aprender química sólo leyendo sobre ella...; aprender cómo han hecho otros las cosas que nosotros queremos hacer es importante, pero también hay que practicar haciéndolo nosotros mismos. Para eso introducen en el libro un apartado llamado Investiga en el cual se utilizan pequeños experimentos que presentan los conceptos químicos que se van a tratar en los párrafos siguientes. Veamos uno de ellos:

Investiga

¿Qué sucede al colocar un alimento en una llama?

Investiga este hecho en clase y trabaja en pequeños grupos analizando y discutiendo los resultados. Analiza diferentes alimentos como los que aparecen en la ilustración de inicio del capítulo. Emplea trozos de espaguetis crudos, un pequeño caramelo, una patata frita, una cazuela con agua y una llama (cerillas, encendedor, vela o mechero).

Coge un espagueti e introduce uno de sus extremos en la cazuela con agua. Aplica la llama al otro extremo del espagueti y manténla hasta que se aprecie un cambio. Retira la llama y, si es necesario, apaga el espagueti sumergiéndolo en agua. Anota tus observaciones.

Repite el procedimiento con un bizcocho pinchado en un espagueti y posteriormente introduce en la llama una patata frita.

Como se dijo anteriormente, después de Investiga aparece Considera. Este apartado irá normalmente después de investiga y generalmente pide argumentos y el desarrollo de hipótesis o explicaciones de lo que se ha observado. En otros lugares pide que el estudiante piense y argumente sobre las consecuencias de lo que se acaba de exponer o que prediga qué es lo que va a suceder. Estudiemos como lo utilizan:

Considera

¿Hay energía involucrada cuando se queman alimentos?

¿Qué cambios has observado en Investiga? ¿Existe alguna evidencia de que la energía esté presente en dichos cambios? ¿Qué evidencia? ¿Qué clases de energía? ¿Pueden tus observaciones ayudarte a responder la pregunta inicial del capítulo?

Uno de los fines de los alimentos es proporcionar energía metabólica. Basándote en tus observaciones sobre la combustión de diferentes alimentos, ¿piensas que los resultados son

indicativos de los diferentes contenidos energéticos de los alimentos? Compara tus observaciones y conclusiones con las de tus compañeros.

Este es el único libro que incluye algo experimental en su contenido, aunque la orientación debería ser más apropiada.

Finalmente, en el Libro 6 la parte experimental no existe y solo se limita a presentar descripciones y resolución de problemas.

¿Presentan el desarrollo histórico del concepto combustión?

En el Libro 1 lo que más se acerca a una aproximación histórica se encuentra en el inicio del capítulo II sobre la Naturaleza de la materia, donde se dice que “desde el punto de vista histórico, las observaciones relativas a las reacciones químicas han sido de la mayor importancia para el desarrollo de una teoría satisfactoria sobre la naturaleza de la materia”. También, en algunas notas al pie de página se mencionan brevemente las contribuciones de algunos hombres de ciencia como por ejemplo Leucipo y Demócrito, Dalton, Thomson, Rutherford, Bohr y Faraday. Pero no aparece nada sobre la combustión.

En el Libro 2, como se dijo anteriormente, el concepto combustión no aparece y por ende no se presenta su desarrollo histórico.

En el Libro 3, ya que el concepto no es abordado en profundidad, la parte histórica no es señalada por ninguna parte.

En el Libro 4 se dice: “Como disciplina, la química le debe su existencia a muchos personajes, algunos de ellos tienen leyes y ecuaciones con sus nombres. Para lectores que se interesen por el lado humano de la química, se presenta información biográfica sobre científicos que se mencionan en el texto, en notas al pie de página donde sus nombres aparecen por vez primera”.

Finalmente, en los Libros 5 y 6 tampoco presentan los autores el desarrollo histórico de ningún concepto; menos todavía el de combustión.

Por lo tanto, se puede decir que la mayoría de los libros analizados muestran poca presencia, casi siempre testimonial, reducida a referencias marginales, del desarrollo histórico de determinados conceptos.

¿Qué mención hacen de las aportaciones de Stahl y de Lavoisier?

En el Libro 1 no aparecen ni biografías de estos hombres de ciencia. En cuanto a las aportaciones de Stahl, no se hace ninguna mención de ellas. Sobre las contribuciones de Lavoisier, lo que más se destaca es una referencia a la investigación experimental que llevaba a cabo y se menciona que, al hacer reaccionar estaño con oxígeno, necesitaba aislar la reacción del medio exterior para que nada se perdiera ni se ganara.

En el Libro 2, el Libro 3, el Libro 4 y el Libro 5, las contribuciones o la biografía de Stahl y Lavoisier no aparecen por ningún lado.

Finalmente, en el Libro 6 se hace mención de Lavoisier en el subcapítulo sobre la ley de conservación de la masa. Los autores describen que “realizó un experimento calentando un recipiente de vidrio cerrado que contenía una muestra de estaño y aire. Encontró que la masa antes y después del calentamiento era la misma. Mediante experimentos posteriores demostró que el producto de la reacción, estaño calentado (óxido de estaño), consistía en el estaño original junto con parte del aire. Experimentos como éste demostraron a Lavoisier que el oxígeno del aire es esencial para la combustión y le llevaron a formular la ley de conservación de la masa” (pág. 35). Sin embargo, no se menciona a Stahl.

Consideraciones finales

Del análisis que se llevó cabo con cada uno de estos libros es importante destacar lo siguiente.

La tendencia general del contenido conceptual de la Química es ir de lo microscópico a lo macroscópico.

La relación entre los conceptos calcinación, combustión, corrosión, reducción y respiración no se evidencia. Es más, el concepto calcinación ha perdido importancia y es poco mencionado y la respiración aparece solo parcialmente en los Libros 1 y 5.

La problemática ha cambiado considerablemente desde el siglo XVII hasta la fecha y eso ha hecho que la combustión ya no sea el referente conceptual para explicar fenómenos como la corrosión y la respiración, sino que la oxidación y la reducción pasaron a ocupar dicha centralidad y ahora la combustión se incluye en ese proceso de pérdida y ganancia de electrones.

En los libros donde aparecen las reacciones de combustión, corrosión y respiración todavía se mantiene como epicentro al oxígeno y al agua, así como lo justificó Lavoisier en cada uno de los experimentos que llevo a cabo.

En cuanto a las preguntas que realizan los textos para averiguar si los estudiantes han adquirido nuevos conocimientos, se puede decir que aparecen en gran cantidad dentro y al final del capítulo correspondiente, con la intención de que el estudiante se vuelva competente en la resolución de ejercicios, es decir, que los estudiantes se vuelvan ágiles y mecánicos.

La experimentación, en los textos que se analizaron, tiene tendencia a ser sugerida como un curso paralelo al cual debe estar asistiendo el estudiante para que “compruebe” lo que está aprendiendo teóricamente.

Los aspectos de tipo histórico están ausentes en la mayoría de los libros de texto universitarios y cuando aparecen son tratados de manera superficial sin atribuirles un papel relevante.

Finalmente, los resultados aquí presentados implican un nuevo proceso de análisis, en el cual se identifique si el concepto combustión se ajusta a lo que se contempla en las propuestas curriculares de las universidades. Igualmente, es pertinente consultar los procedimientos y los contenidos actitudinales que aparecen en los libros de texto universitarios, puesto que la tendencia actual en el sistema colombiano es evaluar competencias, también sería necesario examinar como estos libros contribuyen al desarrollo de las competencias.

Referencias

- Blanco Á., Carrasquilla A. (2005) *La combustión en los libros de texto de educación primaria: ¿ayuda u obstáculo para el aprendizaje?* Facultad de Ciencias de la Educación. Universidad de Málaga.
- Cabrera Castillo (2010) *Elementos históricos epistemológicos desde Kuhn que permiten la identificación de aportes para la enseñanza de la combustión*. Trabajo de investigación para optar al título de magister en educación. Universidad del Valle, Cali.
- Caamaño A. (2003) La enseñanza y el aprendizaje de la química. Capítulo 9 (pp. 203-240) en M. P. Jiménez Aleixandre (coord.), *Enseñar ciencias*. Barcelona. Graó.
- Castillejo R., Prieto T., Blanco Á. (2005) El lenguaje y las teorías de los alumnos en la comprensión de la combustión. *Enseñanza de las Ciencias* (número extra, VII Congreso Internacional sobre investigación en Didáctica de las Ciencias). Granada.

- Cortés Á. (2006) Análisis de los contenidos sobre “permeabilidad” en los libros de texto de educación primaria. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias* 5 (1), 136-160.
- Estany A. (1990) *Modelos de cambio científico*. Barcelona. Editorial Crítica.
- Garritz A. (1998) Una propuesta de estándares nacionales para la educación científica en el bachillerato. La corriente educativa ciencia, tecnología y sociedad. *Ciencia* 49 (1), 27- 34.
- Gómez A. (2009). La clasificación de los isómeros en libros de texto universitarios: un problema de orden histórico epistemológico. *Revista Tecné, Episteme y Didaxis*, (Núm. Extraordinario), 1002-1026.
- González M. T., Sierra M. (2004) Metodología de análisis de libros de texto de matemáticas. Los puntos críticos en la enseñanza secundaria en España durante el siglo xx. *Enseñanza de las Ciencias* 22 (3), 389-405.
- Granés J., Caicedo L. (1997) Del contexto de la producción de conocimientos al contexto de la enseñanza. *Revista Colombiana de Educación* 34, 69-83.
- Izquierdo M. (1988) La contribución de la teoría del flogisto a la estructuración actual de la ciencia química. Implicaciones didácticas. *Enseñanza de las Ciencias* 6 (1), 67-74.
- Marín M. (2008) *El trabajo experimental en la enseñanza de la química en contexto de resolución de problemas en el laboratorio. Un caso particular la combustión. Trabajo de investigación para optar al título de magister en educación*. Universidad del Valle, Cali.
- Matthews M. (1994) Historia, filosofía y enseñanza de las ciencias: la aproximación actual. *Enseñanza de las Ciencias* 12 (2), 255-257.
- Montealegre R. (2003) La memoria: operaciones y métodos mnemotécnicos. *Revista Colombiana de Psicología* 012, 99-107.
- Mortimer E., Miranda L. (1995) Transformações: concepções dos estudantes sobre reações químicas. *Química Nova na Escola* 2, 23-26.
- Pozo J. I., Gómez-Crespo M. A., Limon M., Sanz A. (1991) *Procesos cognitivos en la comprensión de la ciencia: las ideas de los adolescentes sobre la química*. Servicio de Publicaciones MEC.
- Prieto T., Blanco Á., Brero V. (2002) La progresión en el aprendizaje de dominios específicos: una propuesta para la investigación. *Enseñanza de las Ciencias* 20 (1), 3-14.
- Prieto T., Watson R., Dillon J. (1992) Pupils' understanding of combustion. *Research in Science Education* 22, 331-340.
- Reyes F., Garritz A. (2006) Conocimiento pedagógico del concepto de “reacción química” en profesores universitarios mexicanos. *Revista Mexicana de Investigación Educativa* 11(31), 1175-1205.
- Taber K. (2000) Your views are welcomed upon the theme of what should we tell the pupils about why reactions happen? Royal Society of Chemistry. Teacher fellowship discussion paper. [Version 1/October](#).
- Meheut M., Saltiel E., Tiberghien A. (1985) Pupils' (11-12 year olds) conception of combustion. *European Journal of Science Education* 7 (1), 83-93.
- Zambrano A. (2000) La relación entre el conocimiento del estudiante y el conocimiento del maestro en las ciencias experimentales. Cali. Unidad de Artes Gráficas. Univalle.

Anexo 1.- Referencias de los libros de texto universitarios seleccionados.

Denominación	Título, edición	Autor(es)	Editorial	País, año
Libro 1	<i>Química</i> , 4 ^a	Sienko, M. J., Plane, R. A.	Aguilar	España, 1965
Libro 2	<i>Química: Experimentos y teorías</i> , 1 ^a	O'Connor P. R., Davis J. E., Haenisch E. L., MacNab K., McClellan A. L.	Reverté	España, 1977
Libro 3	<i>Química: Principios y aplicaciones</i> , 7 ^a	Sienko M. J., Plane R. A.	McGraw-Hill	México, 1986
Libro 4	<i>Química</i> , 6 ^a	Chang R.	McGraw-Hill	México, 1999
Libro 5	<i>Química: Un proyecto de la American Chemical Society</i> , 3 ^a	Martínez R., Rodríguez M. A. J., Sánchez L.	Reverté	España, 2004
Libro 6	<i>Química general. Principios y aplicaciones modernas</i> , 10 ^a	Petrucchi R. H., Herring F. G., Madura J. E., Bissonnette C.	Pearson Educación	España, 2011